RÉPUBLIQUE D'HAÏTI
DINEPA
Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement

# FICHE TECHNIQUE

## Postes de chloration : Chloration par pompe doseuse

**Code : 1.2.2 FIT 1**

Date de rédaction : mercredi 14 mars 2012

Version : 11 septembre 2013

☑ Version validée par le COPIL

# Note aux lecteurs

Les prescriptions techniques générales s'appliquent aux opérations à réaliser en Haïti et relevant du champ de compétence de la Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DINEPA). Elles constituent un référentiel, certaines à portée réglementaire, nationale, technique et sectorielle, d'autres ayant un rôle d'information et de support complémentaire.

Les documents à portée réglementaire, nationale, technique et sectorielle sont :

- **Les Fascicules Techniques** indiquant les principes obligatoires et les prescriptions communes à une sous thématique technique ;
- **Les Directives Techniques** prescrivant les règles minimales imposées pour la conception et la réalisation ainsi que la gestion d'ouvrages spécifiques.

Tout propriétaire et/ou réalisateur est tenu de respecter au minimum les prescriptions qui y sont indiquées. Toute dérogation devra faire l'objet d'une autorisation au préalable et par écrit de la DINEPA.

Les documents ayant un rôle d'information et de support complémentaire, sont :

- Les fiches techniques et Guides techniques présentant ou décrivant des ouvrages ou des actions dans les différentes thématiques ;
- Les modèles de règlements d'exploitation ou de gestion ;
- Les modèles de cahiers des clauses techniques particulières, utilisables comme « cadres - type » pour les maîtres d'ouvrages et concepteurs ;
- Divers types de modèles de documents tels que procès verbaux des phases de projet, modèles de contrat ou de règlement, contrôle de bonne exécution des ouvrages, etc.

Ces documents ayant un rôle d'information et de support complémentaire sont compatibles avec la réglementation imposée et peuvent préciser la compréhension des techniques ou fournir des aides aux acteurs.

Le présent référentiel technique a été élaboré en 2012 et 2013 sous l'égide de la DINEPA, par l'Office International de l'Eau (OIEau), grâce à un financement de l'UNICEF.
Dépôt légal 13-11-457 Novembre 2013. ISBN 13- 978-99970-51-16-5.
Toute reproduction, utilisation totale ou partielle d'un document doit être accompagnée des références de la source par la mention suivante : *par exemple* « extrait du référentiel technique national EPA, République d'Haïti : *Fascicule technique/directives techniques/etc. 2.5.1 DIT1* (projet DINEPA-OIEau-UNICEF 2012/2013) »

# Sommaire

**1. Introduction ..... 4**
**2. Détermination du volume minimal nécessaire pour un poste de dosage ..... 4**
**3. Chloration par pompe doseuse (exemple de pompe utilisée à Port de Paix) ..... 5**
3.1. Avantages et inconvénients ..... 6
3.2. Précautions d'usage ..... 7
3.3. Local de chloration et bac de solution mère ..... 7
**4. Entretien de la pompe ..... 7**
4.1. Démontage ..... 8
4.2. Nettoyage ..... 9
**5. Réglage de débit de la pompe ..... 9**
5.1. Définitions ..... 9
5.2. Exemple de réglage de débit ..... 10
5.2.1. Facteur correctif et débit de réglage ..... 10
5.2.2. Réglage du débit ..... 11
**6. Modèle d'hypochlorateur en cours de validation par la DINEPA ..... 13**

# 1. Introduction

L'eau brute doit subir plusieurs traitements pour pouvoir être distribuée. La désinfection est le traitement le plus incontournable puisque toutes les eaux naturelles sont potentiellement contaminées en bactéries, virus ou parasites. En particulier dans le cas d'une zone à risque de choléra, la désinfection doit être effectuée de manière systématique pour rendre l'eau propre à la consommation.

Le désinfectant généralement retenu est le chlore. Son dosage doit être précis. Si la dose à injecter dans un bokit pour le traitement de l'eau à domicile peut être facilement contrôlée par un packaging adapté, le dosage pour des réseaux d'eau peut s'avérer plus problématique. Ceci peut se faire dans certains cas via des postes de dosage du chlore. Par ailleurs, il faut protéger la ressource, on se réfèrera alors à la Directive Technique sur la  Protection des captages ou des forages (1.2.1 DIT2).

La chloration pourra être réalisée par pompe doseuse, par drum, ou par système à aspiration constante. On se réfèrera à la Directive Technique relative aux *Procédés de désinfection et postes de dosage* (1.2.2 DIT1) pour les types de systèmes possible. L'annexe du présent document rappelle les procédés de dosages existants en Haïti et leurs conditions d'utilisation préconisées par la DINEPA.

Les postes de chloration par pompe doseuse permettent une désinfection en continu de l'eau émise par un captage, à condition d'être surveillés régulièrement et réapprovisionnés en chlore tout aussi régulièrement.

Une pompe doseuse est un appareil automatique. Elle permet un dosage précis de la solution de chlore sans manipulation par un opérateur. Toutefois, les opérations de maintenance hebdomadaires (nettoyage de la pompe) et le remplissage du bac de solution mère par une solution conforme sont une condition sine qua non du fonctionnement d'une telle pompe. Le coût d'investissement ne permet pas d'envisager qu'une pompe soit hors service au bout de quelques jours en cas de manque d'entretien ou de pièces de rechange, ou encore que la pompe ne soit pas utilisée de manière satisfaisante (solution mère non conforme, réglage de l'injection imprécis, etc.)

# 2. Détermination du volume minimal nécessaire pour un poste de dosage

Rappels sur les concentrations :

| | | |
|---|---|---|
| 1 % | = | 10g / L |
| 0.1 % | = | 1 g / L |
| 0.01 % | = | 0.1 g / L |
| 0.001 % | = | 0.01 g / L (10 mg/L) |
| 0.0001 % | = | 0.001 g/ L (1 mg/L) |

On nomme : solution A une solution de concentration 2 % de chlore actif.
solution B une solution de concentration 0,2 % de chlore actif.
solution C une solution de concentration 0,05 % de chlore actif.

L'eau de Javel Industrielle est souvent à une concentration de +/- 4 % de chlore actif (très variable selon les conditions de stockage du produit).

Pour choisir un dosage de chlore à partir d'une solution mère de chlore de concentration Cm (exprimé en % de chlore actif), on peut utiliser la relation suivante :

$$Cf \times Vf = Cm \times Vm$$

Avec :

Cf : la concentration de la solution fille (ici la concentration que l'on veut avoir dans notre eau à traiter)
Vf : le volume de la solution fille (le volume d'eau à traiter)
Cm : la concentration de la solution mère de chlore
Vm : le volume de solution mère à ajouter.

La concentration finale et la concentration de solution mère devront avoir la même unité, si une concentration est exprimée en % de chlore actif, toutes les concentrations doivent s'exprimer en % (idem si exprimé en mg/L).

Le volume de solution mère et le volume de solution finale devront être exprimés dans la même unité (si l'une est en mL l'autre doit l'être également, par exemple).

Par exemple, si la solution mère est à 2% de concentration, on souhaite obtenir une concentration dans l'eau à traiter de 5 mg/L, soit 0,0005%. Pour traiter 10 L d'eau on aura donc besoin d'un volume de solution mère de :

$$Vm = (Cf \times Vf) / Cm = (0{,}0005 \times 10) / 2 = 0{,}0025 L ou 2{,}5 mL$$

Autre exemple : on souhaite traiter une eau brute à une concentration finale de 2 mg/L, pour une source qui délivre 2000 L d'eau par jour. La solution mère de chlore que l'on utilise est à 0,2% de chlore actif :

$$Vm = (Cf \times Vf) / Cm = (0{,}0002 \times 2000) / 0{,}2 = 2L$$

On doit donc utiliser 2 L de solution B chaque jour.

## 3. Chloration par pompe doseuse (exemple de pompe utilisée à Port de Paix)

Il s'agit d'une pompe Prominent® Solenoid Metering Pump, série Gala, capable de délivrer de 0,74 L/h à 32 L/h, dépendant de la pression du réseau à chlorer et du diamètre de solénoïde utilisé par la pompe. Elle est capable de fonctionner sans inconvénients jusqu'à +50°C et 92 % d'humidité (données constructeur).

**Figure 1 : Vue de la pompe**

### *3.1. Avantages et inconvénients*

Avantages :

- Composée de pièces plastique entièrement démontables
- Injection par un tube plus gros qu'un capillaire mais qu'il faut nettoyer souvent
- Injection sans contact entre la solution et la pompe
- Système déjà utilisé en Haïti
- Alimentation électrique faible: solaire suffisant.

Inconvénients :

- Ce système a besoin en permanence d'énergie électrique
- Les réglages à effectuer sont délicats et peuvent être très complexes
- Les pièces plastiques de la pompe sont fragiles et faciles à égarer
- Le réglage est difficile à obtenir: c'est un subtil équilibre entre la concentration de la solution mère, le nombre d'impulsions, l'amplitude des impulsions...
- La hauteur où se trouve le bac de chlore joue également : changer la hauteur du bac de solution mère influe sur les résultats.

### *3.2. Précautions d'usage*

Une pompe doseuse de chlore contient un produit très concentré, qu'il faut manipuler avec précaution. Le chlore fortement concentré est dangereux, en particulier pour les yeux (risques de brulures irréversibles de la cornée). Lorsque l'on connecte la pompe au réseau électrique, elle peut se mettre en marche immédiatement : il y a un risque de projections de chlore. On devra donc :

- s'assurer que l'interrupteur est en position d'arrêt lorsque la pompe n'est pas raccordée à une alimentation électrique
- s'assurer que les conduites amont et aval de solution mère de chlore sont correctement connectées avant la mise sous tension
- la personne en charge de l'utilisation/l'entretien de la pompe est équipée et porte effectivement des lunettes de protection lorsqu'elle travaille sur / à proximité de la pompe.

### *3.3. Local de chloration et bac de solution mère*

Le local qui sert pour la chloration devra être fortement ventilé et verrouillé. Il doit être construit suivant les standards nécessaires. Il ne pourra pas servir de lieu d'habitation.

La solution mère de chlore doit être stockée dans un récipient non métallique muni d'un couvercle. Le bac de solution mère doit impérativement rester à la même position tout au long du pompage. La seule personne habilitée à le déplacer est celle qui règlera la pompe.

## 4. Entretien de la pompe

On se réfèrera au manuel d'utilisation pour plus de précisions.

La pompe doit être entretenue de façon très régulière. Tous les jours, les vis (1 de la Figure 2 : Schéma du corps de pompe), doivent être vérifiées, pour être bien certain qu'elles soient correctement serrées.

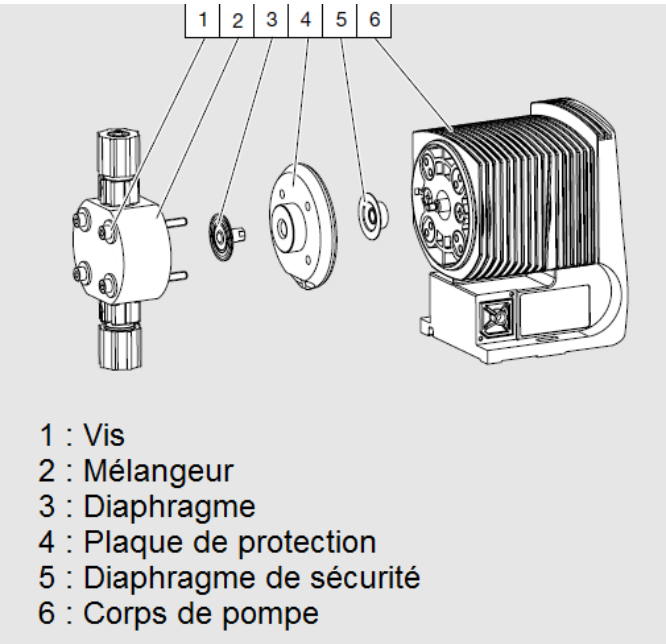



**Figure 2 : Schéma du corps de pompe**

Au minimum une fois tous les trois mois (fonctionnement continu sur 30 % du temps environ), ou plus fréquemment (fonctionnement continu, toutes les 2 semaines) la pompe doit subir des opérations de maintenance en profondeur. Avant toute opération de maintenance, il faudra bien être certain que la pompe a été dépressurisée.

Il faut :

- Vérifier qu'il n'y a pas de fuites
- Vérifier que toutes les parties de la pompe sont fixées correctement (valves d'aspiration et de rejet)
- Vérifier que les fils électriques ne sont pas usés
- Vérifier que les tuyaux sont bien fixés au mélangeur
- Effectuer les différents tests demandés par le constructeur.

Au minimum, on devra porter des gants et des lunettes au moment du démontage, et travailler dans un local bien ventilé.

### *4.1. Démontage*

Il faudra démonter les parties 1, 2, et 3 de la Figure 2 : Schéma du corps de pompe pour vérifier que le diaphragme n'est pas endommagé. Ce démontage aura lieu une fois tous les 3 mois au minimum, mais pour une pompe utilisée fréquemment, toutes les 2 semaines.

**ATTENTION :** Le démontage du mélangeur et du diaphragme est à faire avec précautions (pièces plastiques, trop forcer les cassera), en prenant bien le temps de se rappeler quelles pièces ont été enlevées, et dans quel ordre, de façon à pouvoir les remonter dans le bon ordre.

Le démontage doit avoir lieu dans un endroit avec de l'espace, sans vent (les pièces sont légères et facilement perdues), et toutes les pièces doivent être déposées à un endroit dont elles ne pourront pas tomber facilement pour éviter d'en perdre. Une seule pièce perdue empêche de remonter la pompe correctement, et empêchera donc qu'elle fonctionne.

Il est recommandé de démonter la pompe au fond d'une bassine plastique de façon à ce que si une pièce tombe, on puisse la retrouver.

### *4.2. Nettoyage*

Le nettoyage a lieu en même temps que le démontage, toutes les deux semaines. On commence par brosser avec une brosse souple les parties des pièces qui sont accessibles pour se débarrasser des poussières éventuelles. Ensuite, il faut nettoyer les pièces plastiques dans un bain d'acide faible (vinaigre blanc par exemple) pendant deux heures pour éliminer les dépôts calcaires.

Après cela, il faut remonter la pompe puis régler le débit.

## 5. Réglage de débit de la pompe

**NB :** la position du bac de solution de chlore par rapport à la pompe a une forte influence sur le débit réel. Il convient de ne pas le déplacer pendant ou après le réglage.

**ATTENTION :** une fois le réglage de débit effectué de façon satisfaisante, personne ne doit plus rien toucher sur la pompe, sauf si :

- Lors du test de chlore résiduel fait chaque semaine, on n'a pas des valeurs satisfaisantes
- On vient d'effectuer une opération de maintenance.

Dans ces deux cas, on doit effectuer un nouveau réglage. Une seule personne est habilitée à régler l'appareil, elle aura obligatoirement été formée et équipée des outils nécessaires et ne peut pas déléguer son rôle à une tierce personne qui ne serait pas préalablement désignée et formée à cette tâche.

### *5.1. Définitions*

Une impulsion (ou stroke) est définie comme étant un mouvement du piston de la pompe. La fréquence d'impulsion (ou stroke rate) est le nombre d'impulsions par minute que la pompe réalise.

L'amplitude d'impulsion (ou stroke length) est la longueur que le piston va parcourir à chaque impulsion. S'il se déplace de toute sa longueur, l'amplitude sera de 100 %, s'il se déplace de la moitié de sa longueur, elle sera de 50 %.

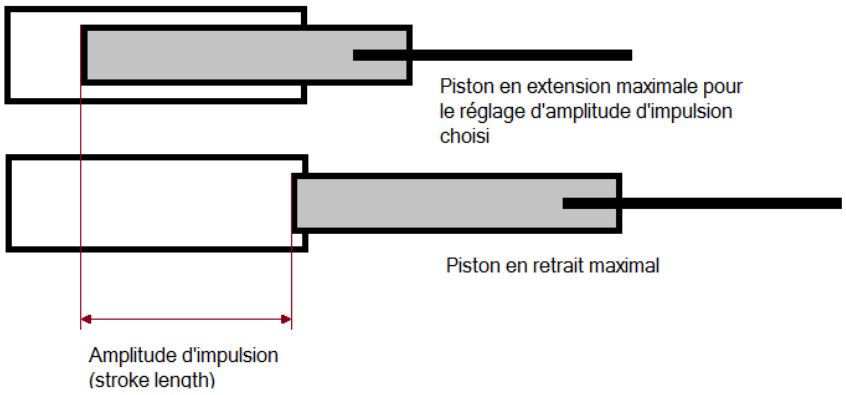



**Figure 3 : Amplitude d'impulsion**

C'est la combinaison du rythme d'impulsions, et de l'amplitude d'impulsions, qui permettra de définir le débit délivré par la pompe. Il faudra pour cela se référer aux abaques de réglage présentés à la fin du manuel du constructeur, tout en sachant que la hauteur du bac de chlore dans lequel la pompe aspire aura une influence. Il faudra donc d'abord suivre le manuel, puis procéder par essais et erreurs pour atteindre le débit recherché.

### *5.2. Exemple de réglage de débit*

On supposera, pour les besoins de l'exemple, que l'on dispose d'une pompe Gala 1601, et que l'on doit injecter la solution chlorée dans un réseau qui a une pression de 2 bars.

#### 5.2.1. Facteur correctif et débit de réglage

La pompe est prévue pour fonctionner par défaut à une pression de 8 bars. Si l'on pompe dans un réseau qui n'est pas à cette pression, on devra appliquer une correction pour obtenir le débit souhaité. Le débit souhaité, divisé par le facteur correctif, donnera le débit de réglage.

$$Qréglage = \frac{Qsouhaité}{Facteur_correctif}$$

L'abaque de facteur correctif de la Figure 4 permet de déterminer le facteur correctif (Correction factor) à appliquer en fonction de la pression de fonctionnement (Operating pressure).

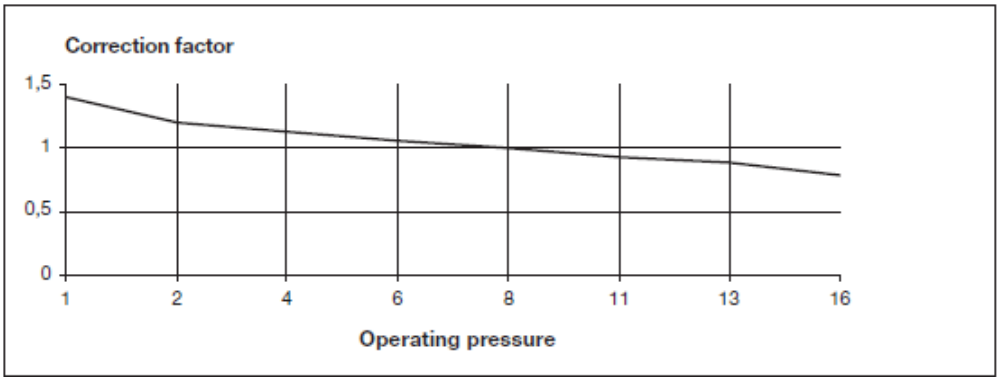



**Figure 4 : Abaque de facteur correctif pour une pompe Gala 1601**

Si l'on travaille avec une pression de 2 bars, on aura un facteur de correction de 1,2 à appliquer. En clair, si l'on réglait la pompe pour délivrer 0,8 L par heure, sans appliquer ce facteur correctif, elle pomperait 0,8 x 1,2 = 0,96 L/h.

Pour obtenir un débit de 0,8 L/h, on devra donc diviser le débit que l'on désire par le facteur de correction.

Dans le cas présent :

Qsouhaité = 0,8, et facteur_correctif = 1,2
Le débit que l'on devra mettre en place pour le réglage sera donc de 0.8/1.2, soit environ 0,67 L/h.

### 5.2.2. Réglage du débit

De façon à permettre une marge de manœuvre de réglage aussi large que possible, on essaiera autant que possible d'utiliser une amplitude d'impulsion moyenne et une fréquence d'impulsion faible. Cela permettra également de limiter l'usure de la pompe, et, partant, la maintenance.

Si pour un débit donné (feed rate), on a plusieurs fréquences d'impulsion (stroke rate), et amplitudes d'impulsion (stroke length), on essaiera de prendre des valeurs aussi moyennes que possible.

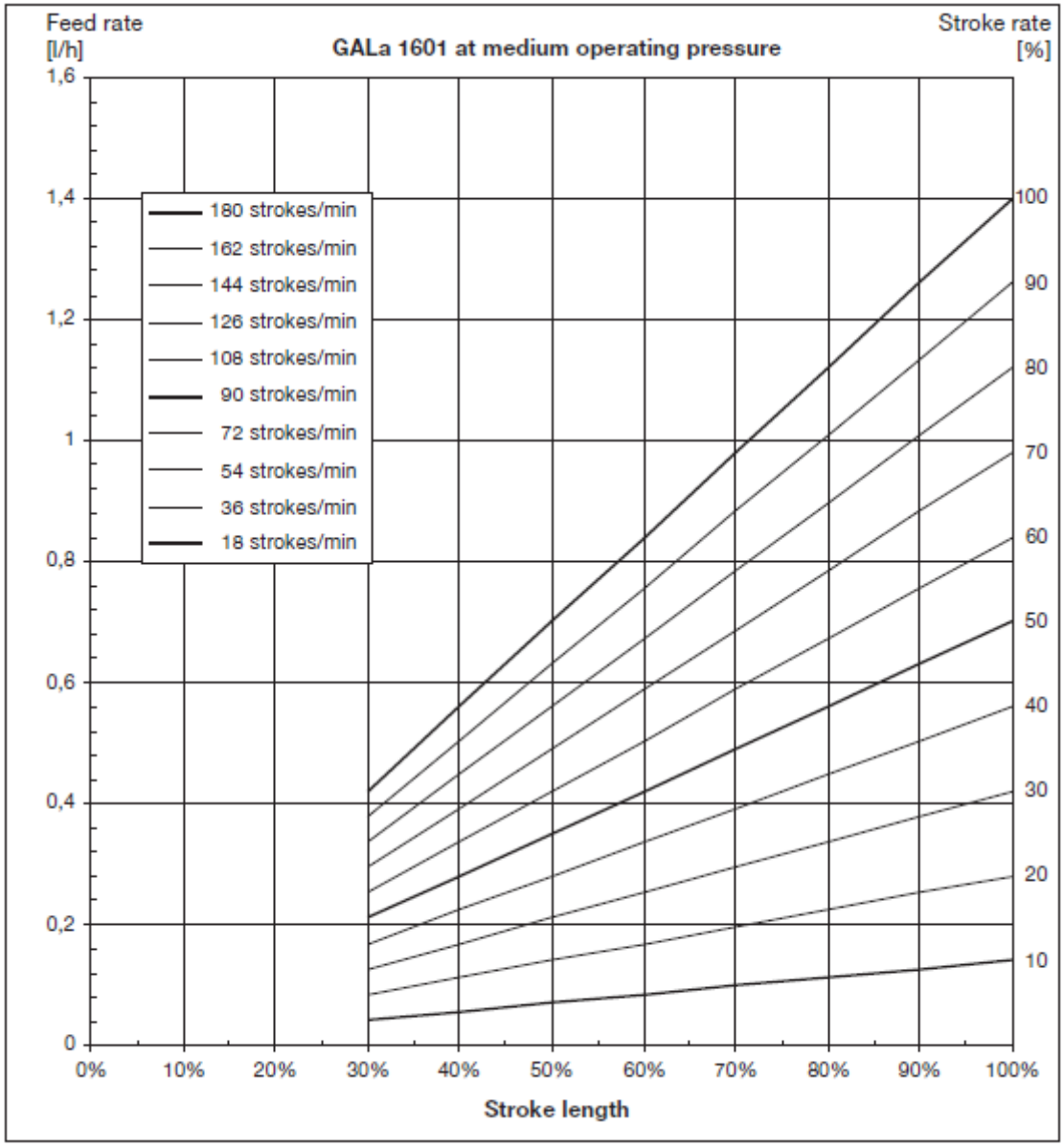



**Figure 5 : Abaque de réglage d'une pompe Prominent® Gala 1601**

Pour 0,67 L / h, on peut utiliser des fréquences d'impulsion variant de 50 à 100 % du maximum possible pour la pompe (cf. Figure 5 : Abaque de réglage d'une pompe Prominent® Gala 1601). A 60 %, par exemple, on aurait une amplitude d'impulsion de 65 % environ.

A 50 %, une amplitude d'impulsion de 95 %.
A 100 %, une amplitude d'impulsion de 48 %.

La combinaison de valeurs la plus moyenne est celle pour une fréquence d'impulsion de 60 % et une amplitude d'impulsion de 65 %, c'est celle que l'on choisira.

**Rappel :** il faut bien noter que ce débit théorique a des chances de différer de celui qui sera réellement appliqué : en effet, la position de la réserve de chlore par rapport à la pompe a une forte influence sur le débit réel.

On devra donc mesurer le chlore résiduel présent dans l'eau traitée et vérifier qu'il correspond bien à ce qui est souhaité (entre 0,5 et 1 mg/L). Si ce n'est pas le cas, on devra adapter le réglage, en augmentant le débit si le résiduel de chlore n'est pas suffisant, ou en le diminuant s'il est trop élevé.

## 6. Modèle d'hypochlorateur[1] en cours de validation par la DINEPA

La DINEPA a développé un modèle d'hypochlorateur. Ce dispositif de dosage du chlore fonctionne sur les principes suivants :

- injection à débit constant de la solution chlorée même lorsque le niveau de solution dans le bac de solution mère de chlore varie
- concentration de la solution chlorée calculée en fonction du débit d'eau brute
- le chlore doit être mélangé dans l'eau brute et avoir un temps de contact de 30 minutes. Ce dispositif doit donc se situer à l'aplomb d'une source ou d' un réservoir
- le dispositif peut être construit localement avec des pièces accessibles sur le marché haïtien ; il est rustique, simple d'utilisation et d'entretien
- une solution mère produite à partir de chlore solide en grains est adaptée à ce dispositif, le risque de bouchage étant plus faible qu'avec une pompe doseuse.

Toutefois, si ce dispositif est simple, il requiert une technicité et un savoir faire pour la fabrication du dispositif lui-même et son installation. La fabrication du dispositif fera donc l'objet d'une filière de production rigoureuse et garantissant des standards de qualité. L'installation des dispositifs eux-mêmes sera aussi confiée à des techniciens formés, équipés et agréés par la DINEPA..
On se réfèrera à la DINEPA pour plus d'informations sur ce dispositif.

[1] On parle d'hypochlorateur pour les dispositifs de dosage de l'ion **hypochlorite** ($ClO^-$)

# Annexe : Comparaison des dispositifs de désinfection existants en Haïti, extraits du rapport « Chloration de l'Eau des Systèmes d'Adduction en Eau Potable localisés dans le Milieu Rural en Haïti », DINEPA - Coopération Suisse, juin 2013

## 1 Chloration au seau

Cette technique est à ce jour la plus répandue en Haïti. Elle consiste simplement à verser à l'intérieur d'un réservoir contenant un volume d'eau connu, une quantité de solution chlorée qui aura été déterminée et préparée au préalable.

Elle fut la première réponse d'urgence mise en œuvre lors de l'émergence du choléra à travers le pays. En particulier, lors de la première mission de la Coopération Suisse en soutien à la DINEPA (phase 1, octobre-novembre 2010), des formations ont été dispensées auprès d'opérateurs des SAEP afin qu'ils mettent immédiatement en œuvre cette chloration « rudimentaire ». Divers outils didactiques ont ainsi été élaborés et font encore aujourd'hui[2] référence (*voir Figure 1*)

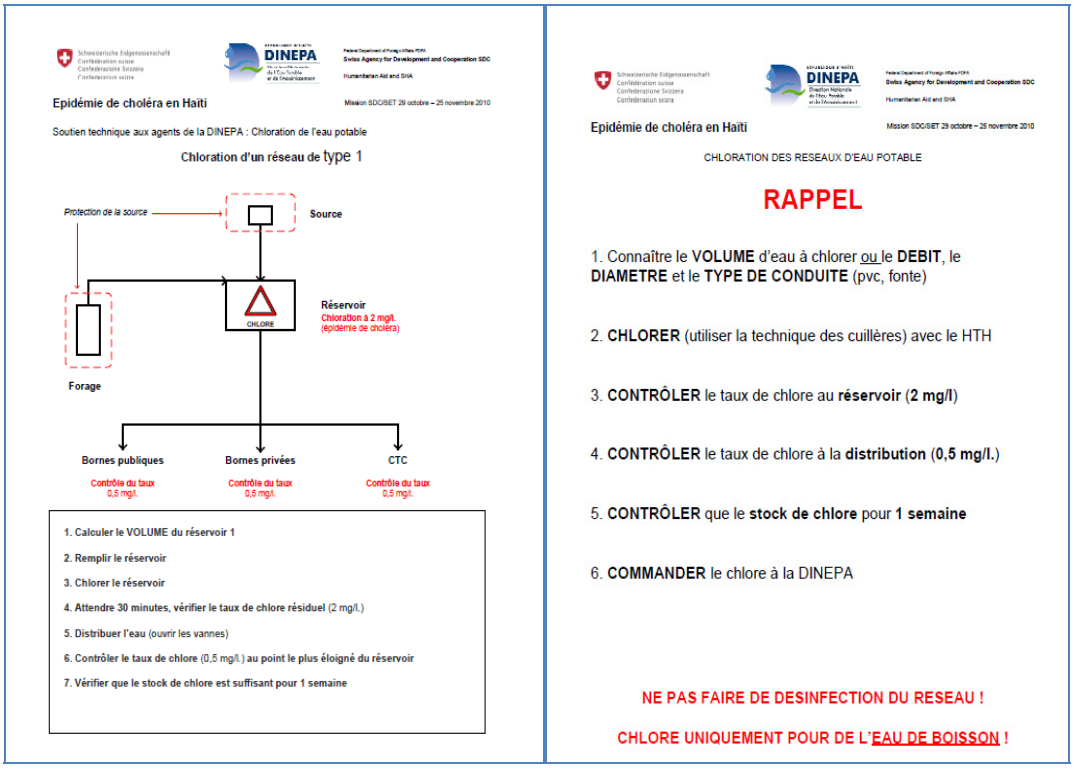



**Figure 1 - Exemples d'outils destinés aux opérateurs de SAEP (Coopération Suisse - Novembre 2010)**

Peu de technicité, un matériel rudimentaire (un seau et une cuillère), une adaptabilité à de nombreux types de réservoirs pourvu qu'ils soient dotés d'une trappe d'accès, la chloration au seau a été développée et promue par de nombreux acteurs en Haïti.

[2] Epidémie de choléra en Haïti – Mission d'évaluation et de soutien technique à la DINEPA, Groupe WES, Novembre 2010

Cependant cette technique, bien que basique et ne demandant pas de technicité particulière, présente des limites importantes en particulier si le réservoir ne peut pas être isolé au moyen de vannes. En effet, si le réservoir n'est pas doté d'un mécanisme pouvant fermer son remplissage (by-pass, double compartiment, vanne d'arrêt, etc.), la chloration sera toujours imprécise et sujette à des variations. Hélas, la plupart des réservoirs construits en milieu rural ne sont pas doté de tels systèmes. Dans ces cas-là, la chloration au seau devra être considérée comme une option transitoire ou une solution d'urgence mais ne pourra être envisagée sur le long terme. Par contre, si le réservoir peut effectivement être isolé, la chloration au seau peut être considérée comme une méthode simple mais fiable qui peut être réalisée en routine par des opérateurs ruraux (*voir Figure 2*) :

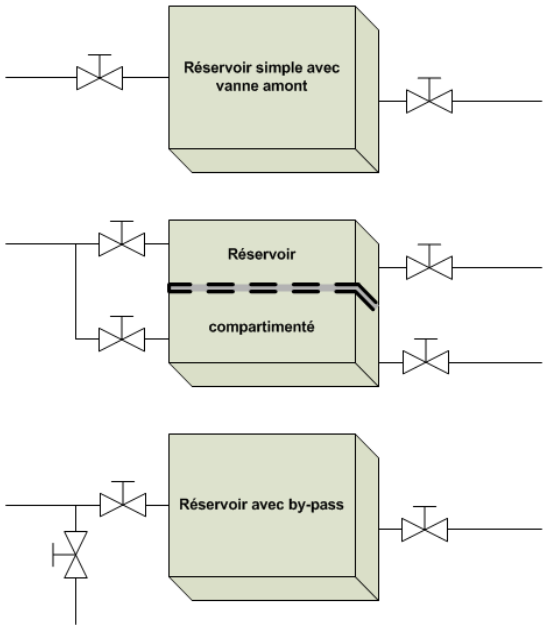
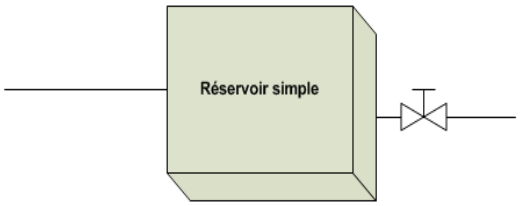
| CAS FAVORABLES | CAS DEFAVORABLES |
|---|---|
|  | - Absence de réservoir en amont de la distribution ;<br><br>- Réservoir simple sans vanne d'isolement amont :<br><br>  |

**Figure 2 - Cas favorables et défavorables à la chloration au seau**

## 2 Chlorinateur

Le chlorinateur est un dispositif de traitement monté en ligne ou en by-pass sur un circuit hydraulique, permettant, grâce au flux d'eau le traversant, la diffusion lente et régulière du chlore dans l'eau (*voir Figure 3*). Il fonctionne et se recharge uniquement avec du chlore en tablettes.

**Figure 3-Chlorinateurs des Chardonnières, département du Sud (à gauche) et d'Anse à Veau, département des Nippes (à droite)**

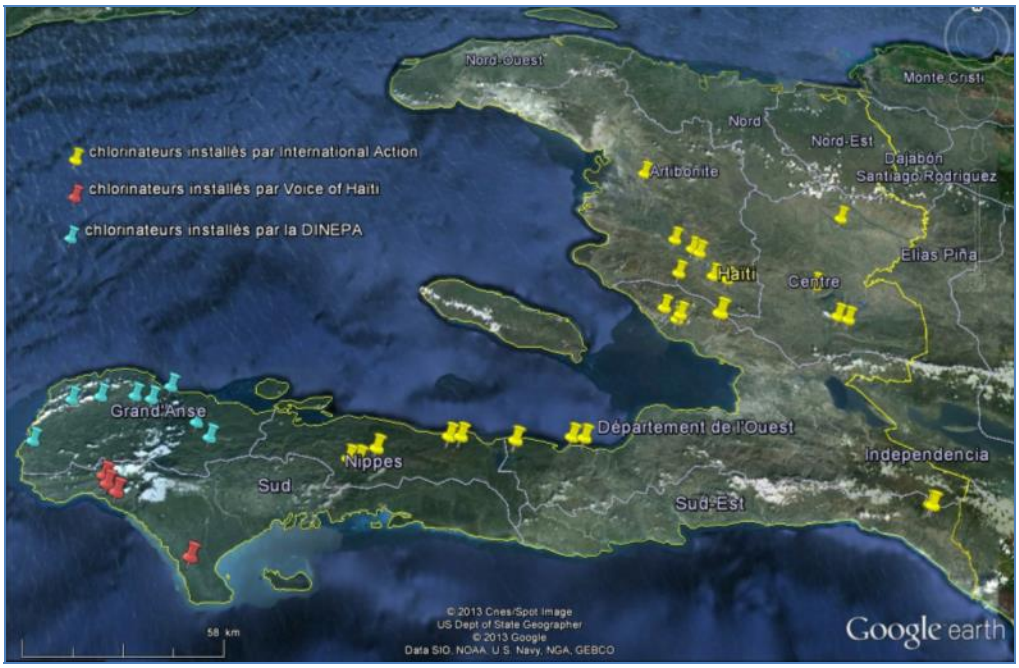



**Figure 4 – Chlorinateurs installés en Haïti (*hors région métropolitaine de Port-au-Prince*)**

Quarante cinq (45) SAEP ruraux équipés d'un chlorinateur sont recensés à travers le pays. Ils ont principalement été installés par International Action et Voice of Haiti (voir 2.1.3) mais aussi par la DINEPA dans le cadre du programme EPAR (*voir Figure 4*).
Le chlorinateur est relativement simple d'utilisation puisqu'une seule vanne installée en entrée permet de réguler le débit le traversant (*voir Figure5*). Il suffit alors de s'assurer de la présence de tablettes de chlore dans le dispositif pour que la chloration soit effective. La maintenance de ce dispositif est très rudimentaire et peut être ainsi réalisée par des opérateurs même peu formés.
Cependant, son montage s'avère plus complexe qu'il n'y paraît étant donné la nécessité de modifier la plomberie de réseau. En effet, comme le chlorinateur ne peut pas être monté en ligne si les débits sont trop importants, le montage en by-pass est privilégié. Mais ces interventions induisent parfois d'autres problèmes.

Citons le cas du SAEP de Janen (département de l'Artibonite) géré par un CAEPA soutenu par l'ONG Helvetas. Le débit étant trop important sur le réseau d'adduction du réservoir, un by-pass avec chlorinateur a été installé(*voir Figure19*) dans une chambre visitable. Cependant, en saison sèche, le débit étant trop faible, une vanne a été installée sur le réseau principal pour réduire le passage de l'eau et donc permettre que le by-pass soit lui aussi alimenté en eau. Cela induit donc une perte significative du volume capté, et impacte négativement la disponibilité en eau pour la communauté concernée.

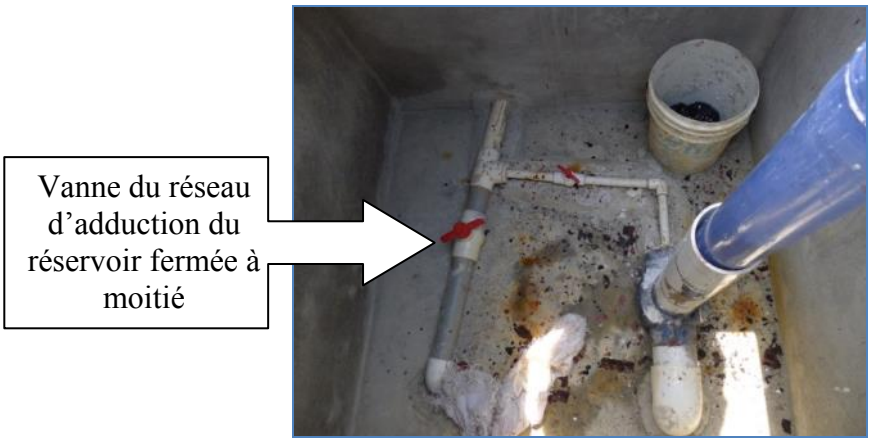



**Figure 5 - By-pass, chlorinateur et vanne de réduction du débit, SAEP de Janen, département de l'Artibonite**

## 3 Hypochlorateur

Le principe de l'hypochlorateur est d'injecter à débit constant, via un système de goutte à goutte, une solution de chlore à l'intérieur d'un réservoir, d'une chambre d'accès à un réseau comme un brise-charge ou même d'un captage (*voir Figure 6*).Le débit d'injection et/ou la concentration de la solution chlorée sont déterminés en fonction du débit et de la qualité de l'eau à traiter. Les hypochlorateurs sont :

- Economiques car fonctionnant sans énergie, utilisant des composés bon marché et du chlore en grains ;
- Fabriqués localement avec très peu de pièces devant être importées ;
- Pratiques car d'opération accessible à tous les opérateurs même peu formés et appropriés à une gamme large de SAEP et de débits ;
- Sans danger pour autant que les prescriptions liées à l'usage du chlore grains soient respectée.

**Figure 6-Hypochlorateurs du SAEP de St Michel, département du Sud(à gauche) et du CTE de Hinche, département du Centre (à droite)**

Ce dispositif de chloration a été introduit en Haïti depuis plusieurs années et nombres d'acteurs ont participé à leur installation :

→La DINEPA via le programme EPAR notamment dans les départements du Sud et des Nippes ;

→Certains CTE comme ceux de St Marc, Hinche et Mirebalais qui, en réponse à l'épidémie de choléra ont installé des d'hypochlorateurs;

→ Les ONG dans le cadre de leurs projets de réhabilitation de SAEP ruraux ou des interventions post-choléra.

Un des intérêts majeurs de ce dispositif est sa disponibilité sur le marché haïtien puisque sa fabrication peut se faire localement à l'aide de pièces de plomberie courantes.

Parmi les inconvénients, on relèvera la nécessité d'ajuster manuellement le taux de traitement aux variations des débits captés induits par les variations de pluviométrie. Il est aussi à relever que l'hypochlorateur fonctionnant par gravité doit obligatoirement être installé au-dessus de l'eau qu'il traite. Cela implique qu'il soit abrité à l'intérieur d'une petite construction sise au-dessus d'un réservoir, d'un brise-charge ou d'un captage et accessible via une échelle, un escalier ou une rampe. L'installation d'un hypochlorateur nécessite donc que ces éléments de génie civil soient pris en compte dans les études et les devis correspondants.

## 3.1 Hypochloration : Première étape vers la maîtrise de la chloration continue

L'hypochloration, aussi appelée « chloration goutte à goutte », est une technique déjà utilisée en Haïti. La majorité des hypochlorateurs ayant été installés dans le cadre du Programme EPAR, on retrouve pratiquement toujours le même modèle (*voir Figure 7*).

Lors des visites effectuées, même si la majorité des hypochlorateurs fonctionnaient, certains points pouvant être améliorés ont été relevés. Il s'agit :

- Des problèmes liés au système d'injection. En particulier, l'injection est facilement bouchée par des précipités de chlore en grains et aucune vanne ne permet de l'arrêter si nécessaire ;
- Des problèmes liés à l'agencement du local abritant le dispositif. En effet, l'écoulement gravitaire est parfois difficile, le nettoyage du bac contenant la solution est compliqué et l'espacement disponible est limité ;
- Des problèmes liés à la méconnaissance du dispositif par les opérateurs qui ne disposent pas de guide d'utilisation, ni d'outil didactique.

**Figure 7 - Hypochlorateur installé en Haïti (à gauche) et hypochlorateur amélioré (droite) développé dans le cadre de la présente mission d'expertise**

Prenant en compte les constats effectués lors des visites, un nouveau modèle a été étudié et développé (*voir Figure 7*).

Les **améliorations techniques** suivantes ont été apportées au dispositif :

→ 1 : Un support métallique traité antirouille et surélevé de 40 centimètres permet de faciliter les contrôles du débit d'injection ;

→ 2 : Un récipient de 55 gallons (= 208 litres)non issu de la récupération et fabriqué en Haïti offre les garanties en terme de qualité et de disponibilité;

→ 3 : Un système d'injection facilement démontable et doté d'une vanne d'arrêt facilite l'usage et l'entretien du dispositif ;

→ 4 : Un système de vidange démontable garantit la « fraicheur » de la solution préparée.

Il est à noter que tous les éléments constituant le dispositif sont communément disponibles sur le marché haïtien et choisis en fonction de leur résistance à l'oxydation. De plus, étant donné la faible technicité de la plomberie, le montage, la maintenance et/ou la réparation du dispositif pourront être réalisés par de la main d'œuvre locale.

Afin d'assurer une chloration continue (sans interruption) et considérant le temps nécessaire de à la bonne préparation de la solution chlorée[3] (remplissage du récipient + dosage et dissolution du chlore en grains), il est impératif d'installer deux (02) hypochlorateurs qui fonctionneront alternativement un jour sur l'autre. Cependant, les systèmes de vidange pourront être couplés pour n'avoir qu'une seule sortie du local de chloration mais chaque hypochlorateur aura sa propre vanne de vidange.

En complément des améliorations techniques présentées, une **amélioration** importante a été apportée à la **gestion de l'hypochlorateur**. En effet jusqu'ici, le fonctionnement de ce type de

[3] L'expérience acquise par l'opérateur du CTE de Saint-Marc recommande une durée de préparation de la solution d'au moins 6 heures

dispositifs impliquait la préparation d'une solution chlorée de concentration donnée (le plus souvent, une solution de 1%) qui demandait à ce que le débit d'injection soit ajusté au débit d'eau à traiter (correspondant communément au débit de remplissage du réservoir). Or ces réglages du débit d'injection sont délicats et sources d'erreurs, et les injecteurs sujets à obstruction surtout pour de faibles débits d'injection. Par souci d'harmonisation et étant donné la grande variété des débits des sources alimentant les SAEP ruraux, il a été envisagé de pouvoir travailler avec un **débit d'injection unique et constant** de la solution chlorée. Cette condition implique alors de faire varier les concentrations des solutions chlorées en fonction des débits d'eau à traiter.
Enfin, il est envisagé d'**améliorer et d'harmoniser les fréquences de passage** de l'opérateur au niveau du local de chloration. Ainsi le processus de désinfection de l'eau a été « calibré » de manière à ce qu'il implique l'intervention de l'opérateur une fois par jour. En effet, il a été vérifié que l'utilisation d'hypochlorateurs basé sur des interventions non quotidiennes (chaque 2 jours, 3 jours, semaine, etc.) n'est pas suivie scrupuleusement et induit alors des erreurs ou des périodes sans chloration. A contrario, il a été constaté que la présence d'un opérateur plus fois pour jour est extrêmement contraignante pour ce dernier. Ainsi, une fréquence quotidienne d'intervention et de passage de l'opérateur au niveau du local de chloration apparaît comme étant le meilleur compromis entre l'efficience et la faisabilité du traitement.

## 4 Injection Venturi

L'injection Venturi nomme un effet physique grâce auquel le resserrement d'une conduite où circule de l'eau provoque l'accélération de son écoulement et une dépression au niveau de l'étranglement. Un tuyau secondaire branché dans cet étranglement permet pomper et d'injecter une solution chlorée directement dans l'écoulement sous pression (*voir Figure 8*)

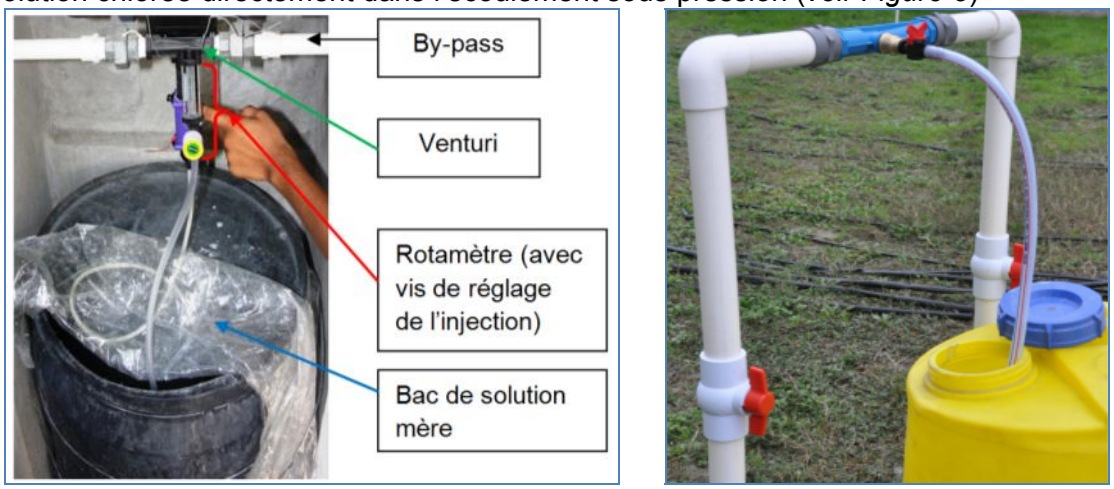



**Figure 8-Injection Venturi au SAEP de Valeureu, département de l'Artibonite (à gauche) et exemple issu d'internet(à droite)**

Très simple d'utilisation et bon marché, les systèmes d'injection Venturi comportent malgré tout de nombreux inconvénients :

- → La nécessité d'avoir une conduite sous pression pour permettre la création d'une dépression et induire ainsi l'aspiration de la solution chlorée ;
- → La nécessité de modification du réseau d'adduction du SAEP pour permettre l'installation d'un by-pass ;
- → La fragilité et le manque de fiabilité du système.

Depuis le début du mois de mai 2013, la Croix Rouge Française procède à l'essai de ce dispositif sur le SAEP de Valeureu (Commune de Verrettes, Département de l'Artibonite). Même

s'il est encore hâtif de tirer des conclusions générales sur l'utilisation de ce dispositif, une visite du SAEP de Valeureu a permis de mettre en lumière les inconvénients suivants :

- Nécessité de diminuer le débit d'entrée d'eau dans le réservoir en bridant la vanne d'adduction afin de mettre en pression le by-pass. Dans le cas présent, le débit capté à l'origine de 6.19 L/s est ramené à 5.25 L/s, soit une perte d'un volume d'eau « utile » de 81 m³/24heures ;
- Fiabilité du rotamètre mise en cause. En effet, le tube gradué et la vanne de réglage sont très fragiles et laissent à penser qu'ils se dégraderont rapidement ;
- Nécessité d'effectuer des travaux important pour installer le by-pass et abriter le dispositif.

## 5 Pompe doseuse proportionnelle (hydromotricienne)

Installée sur un réseau d'eau, la pompe doseuse hydro-motrice proportionnelle permet d'injecter directement une solution chlorée liquide à l'intérieur du système. Ce doseur qui fonctionne sans électricité, utilise la pression de l'eau comme force motrice (*voir Figure 9*). Ainsi actionné, il aspire le produit concentré, le dose au pourcentage désiré, l'homogénéise avec l'eau motrice dans sa chambre de mélange puis injecte la solution dans le système.
Une fois réglé, le doseur ne nécessite ni intervention, ni contrôle extérieur. Le dosage du produit injecté est constant, rigoureusement proportionnel au volume d'eau qui traverse le doseur, quelles que soient les variations de pression et de débit qui peuvent intervenir.
Ce dispositif est à monter en ligne ou via un by-pass (lorsque les débits sont trop importants).
Malgré l'intérêt porté à ce dispositif, il est nécessaire de prendre en compte :

→Son coût élevé ;
→ La technicité de l'opérateur exigée pour la maintenance de l'appareil ;
→ Le support d'un technicien extérieur pour le calibrage de l'appareil.

**Figure9–Pompe doseuse proportionnelle du SAEP de Lesforges, département de l'Artibonite (à gauche) et exemple issu d'internet(à droite)**

En Haïti, ce système a été utilisé par Médecins Sans Frontières[4] lors des urgences humanitaires faisant suite au séisme du 12 janvier 2010 et au déclanchement de l'épidémie de choléra. Cependant, aucun retour d'expériences n'est disponible.
Depuis le début du mois de mai 2013, la Croix Rouge Française procède à l'essai de ce dispositif sur lesSAEP de Valeureu et Lesforges (Département de l'Artibonite).
Même s'il encore hâtif de tirer des conclusions générales sur l'utilisation de ce dispositif, une visite des SAEP de Valeureu et Lesforges a permis de mettre en lumière les inconvénients suivants :

[4] Modèle Dosatron

- Nécessité de diminuer le débit d'entrée d'eau dans le réservoir en bridant la vanne d'adduction afin de mettre en pression le by-pass. Dans le cas présent, le débit capté à l'origine de 6.19 L/s est ramené à 4.84 L/s, soit une perte d'un volume d'eau « utile » de 116 m³/24heures*;*
- Sensibilité des réglages qui demandent une très bonne connaissance des pièces de régulation de débit ;
- Nécessité d'effectuer des travaux important pour installer le by-pass et abriter le dispositif.

## 6 Pompe doseuse électrique

Les pompes doseuses à membrane possèdent par rapport aux autres types de pompes un ensemble d'avantages remarquables. Elles sont auto-amorçantes et peuvent donc pomper de l'air. La construction simple de ce type de pompes permet, en outre, son utilisation sur une très longue période sans entretien. Enfin, les pompes doseuses à membrane se caractérisent par une grande précision du dosage effectué.

Quatre (04) SAEP urbains disposent à ce jour de ce type de dispositif. Il s'agit de :

→CTE de Port-au-Prince (alimenté par EDH) ;
→CTE de Port-de-Paix (alimenté par énergie solaire – *voir Figure 10*) ;
→CTE Petit Goâve (alimenté par EDH – *voir Figure 10*) ;
→CTE de Jacmel (alimenté par énergie solaire).

Nécessitant une source d'énergie constante et un assujettissement du débit d'injection de la pompe au débit de réseau (via un compteur à impulsions ou une sonde redox installée en aval de l'injection), ce dispositif nécessite un coût d'investissement important et un service de maintenance qualifié.

Ces systèmes, bien que le plus fiables, ne peuvent pas être généralisés au niveau des SAEP ruraux mais semblent pas contre adaptés aux systèmes urbains gérés par des CTE.

**Figure 10- Pompe doseuse électrique (solaire) du CTE de Port-de-Paix, département du Nord Ouest(à gauche) et pompe doseuse électrique (EDH) du CTE de Petit Goâve, département de l'Ouest(à droite)**

## 7 Tableau comparatif et conclusions

Les avantages et inconvénients des divers dispositifs de chloration analysés sont énumérés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 1 -Comparaison des divers dispositifs de chloration analyséset recommandations**

| Dispositif de chloration | DISPONIBILITE | COUT | ROBUSTESSE | FIABILITE | PRECISION DES REGLAGES | TECHNICITE DE LA MAINTENANCE | Expériences en Haiti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Chloration au seau dans le réservoir** | ++ | + + | ++ | - | - | ++ | CPE, CAEPA, ONG |
| **Chlorinateur** | - | + | ++ | + | - | ++ | CAEPA, International Action, Voice of Haiti, Helvetas, etc. |
| **Hypochlorateur** | ++ | + | ++ | + | + | ++ | CTE, CAEPA, SESAM, etc. |
| **Injecteur Venturi** | + | + | - | N/A | N/A | + | 1 seul dispositif installé par la CRF en Artibonite |
| **Pompe doseuse proportionnelle(hydromotricienne)** | + | - | + | ++ | ++ | - | MSF, CRF |
| **Pompe poseuse électrique** | + | -- | + | ++ | ++ | - | CTE Port-de-Paix, Petit Goave, Jacmel et Port au Prince |

*Légende du Tableau* :

Dispositifs recommandés par la DINEPA

Dispositifs non recommandés par la DINEPA - Les dispositifs existants sont maintenus mais pourront être remplacés

Dispositifs non recommandés par la DINEPA – Les dispositifs existants devront être remplacés

La comparaison des différents dispositifs de chloration permet de recommander, non pas un système unique qui devrait être adapté sur tous les réseaux ruraux mais plusieurs équipements qui seront choisis en fonction des spécificités[5] d'un SAEP. Ces différentes technologies recommandées, de la plus rudimentaire à la plus perfectionnée, peuvent aussi faire partie d'un processus évolutif (*voir Figure 11*) où, en fonction des performances de l'opérateur, des dispositifs plus « technologiques » (et plus cher !) pourront remplacer des installations plus simples.

[5] Certains SAEP sont équipés d'un réservoir, d'autres de plusieurs, d'autres encore n'en ont pas ; les débits de sources captés en Haïti varient de 0.5 l/s à 30 l/s.

Les dispositifs et méthodes ainsi recommandés qui requièrent tous l'utilisation de chlore en grains (*voir Tableau 1*) sont les suivants :

1. Chloration au seau dans le réservoir.
   Cette technique rudimentaire est parfaitement adaptée si le réservoir peut être isolé. Elle est en particulier recommandée pour les SAEP dont la distribution n'est pas continue mais a lieu seulement à intervalles réguliers lorsque le réservoir est plein. Une méthodologie et des outils propres à ce type de chloration ont été développés.
2. Hypochlorateur.
   Ces dispositifs sont les plus adaptés aux SAEP ruraux. Ils ont fait l'objet d'une importante recherche et de tests.
3. Pompe doseuse proportionnelle.
   Ce type de pompe fait partie des options retenues. Cependant, la généralisation de son usage dépendra d'abord des résultats des expériences en cours conduites par la Croix-Rouge Française[6].
4. Pompe doseuse électrique.
   Ce type de pompe présente des avantages indéniables. Cependant, elle paraît plus adaptée, de par sa technicité, à des SAEP urbains que ruraux.

Par contre, l'installation de chlorinateurs ou d'injecteurs Venturi, n'est pas recommandée pour le traitement de l'eau des SAEP ruraux. Les premiers fond appel à du chlore en tablettes qui n'est pas le produit de traitement recommandés et les deuxièmes ne présentent pas suffisamment de garanties en matière de fiabilité.
Le choix d'un dispositif de chloration dépendra non seulement des caractéristiques physiques d'un SAEP mais aussi de la capacité des opérateurs locaux (CAEPA ou OP) à utiliser et entretenir un système donné. Ainsi l'installation d'un dispositif de chloration au niveau d'un SAEP rural sera obligatoirement encadrée par la DINEPA et accompagnée de la mise en place du suivi des indicateurs de performance du SAEP en question. En particulier, le suivi du chlore résiduel via Sis-Klòr sera initié dès que le dispositif sera opérant.

[6] Après quelques mois d'utilisation et de tests, ce système a été jugé « peu adapté » car il est complexe, fragile, cher, difficile d'entretien par un opérateur et il nécessite de plus la réduction du débit de remplissage du réservoir.

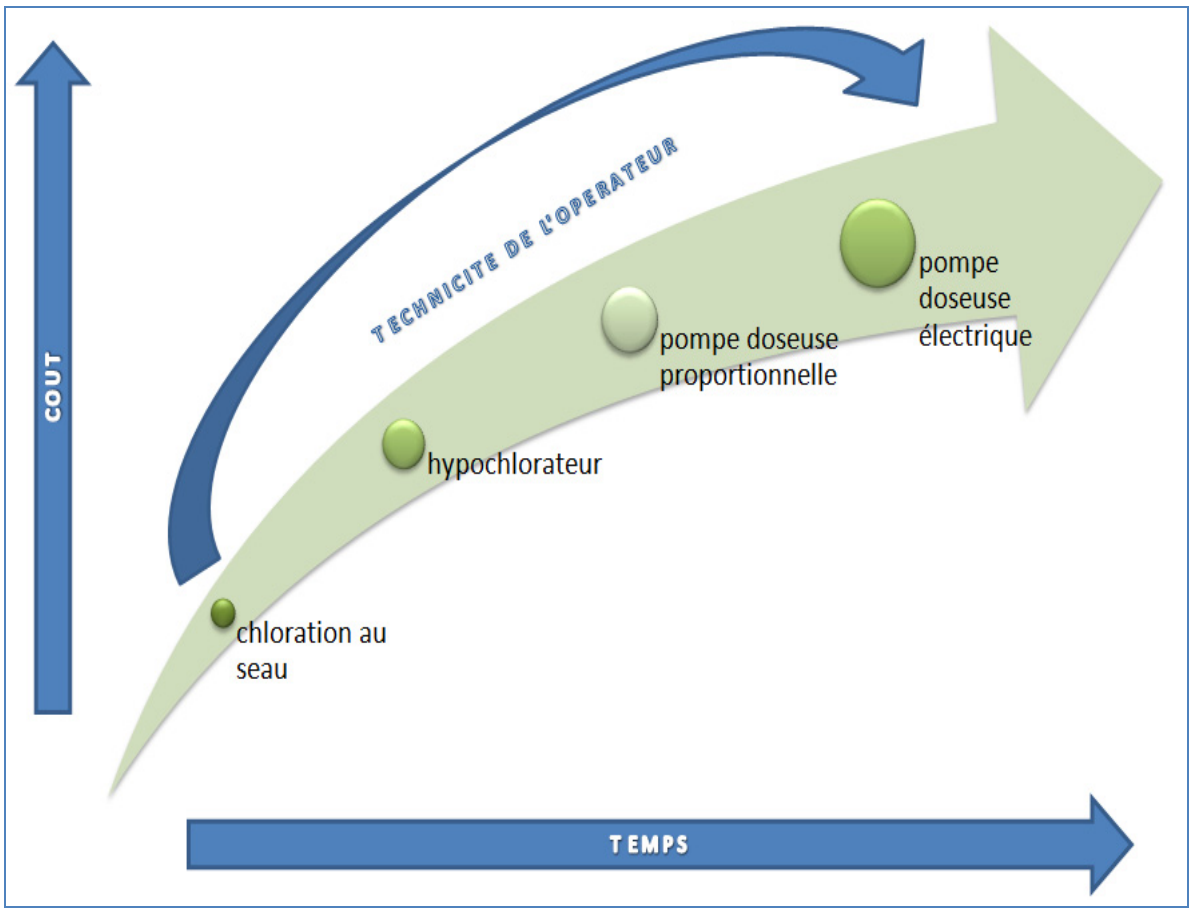



**Figure 11- Evolution des solutions envisagées**